



Universität Stuttgart

Masterthesis

Li_2S Kathoden der nächsten Generation

Ausgeführt am Fraunhofer Institut
für Chemische Technologien (ICT)



Fraunhofer
ICT

Unter der Anleitung von Prof. Dr. Andreas Friedrich

und der Betreuung von Dr.-Ing. Markus Hagen

durch

Matthias Simolka

Mat.Nr.: 2795148

Beginn: 05.05.2014

Abgabe: 03.11.2014

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind, die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war, dass die Arbeit weder vollständig noch in Teilen bereits veröffentlicht wurde und das elektronische Exemplar mit den anderen (ausgedruckten) Exemplaren übereinstimmt.

03.11.2014

.....
Matthias Simolka

Sperrvermerk

Diese Arbeit enthält vertrauliche Informationen. Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der Fraunhofer Gesellschaft.

Pfinztal, den 03.11.2014

Fraunhofer Institut für Chemische Technologien



.....
Dr.-Ing. Markus Hagen

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich dem Fraunhofer ICT in Pfinztal und dabei ganz besonders meinem Betreuer Dr-Ing. Markus Hagen danken, der mir mit Rat und Tat zur Seite stand und einen wichtigen Anteil zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat. Außerdem möchte ich mich bei meinen Kollegen Patrik Fanz, Markus Lücking und Rudi Maca für die Unterstützung und Hilfestellung bei der Arbeit bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Prof. Friedrich für die Betreuung der Arbeit seitens der Universität Stuttgart und die Hilfestellungen während der Arbeit bedanken.

Bei allen Kollegen der Angewandten Elektrochemie am Fraunhofer ICT möchte ich mich dafür bedanken, dass Sie mich bei Fragen stets unterstützt und ein offenes Ohr gehabt haben. Das nette und offene Arbeitsklima am Fraunhofer ICT trug ebenfalls zum Gelingen dieser Arbeit bei.

Meinen Eltern möchte ich an dieser Stelle für die uneingeschränkte Unterstützung während meiner gesamten Studienzeit danken, womit Sie mir dieses Studium auch erst ermöglicht haben.

Meiner Freundin Viviane danke ich für die Hilfe bei der Korrektur und die Ablenkung in den stressigen Phasen der Arbeit.

Kurzfassung

Um die steigende Nachfrage nach sicheren, kostengünstigen und leistungsfähigen Energiespeichern für z. B. die Elektromobilität und tragbaren Consumer Geräten zu decken, müssen neue Lösungen gefunden werden, um die Bedürfnisse der einzelnen Bereiche zu erfüllen.

Dabei sind Lithium-Schwefel Batterien wegen der hohen theoretischen Energiedichte von bis zu 500 Wh kg^{-1} , was *ca.* dem doppelten von aktuellen Lithium-Ionen Zellen entspricht, eine vielversprechende Alternative. Weltweit gibt es hohe Vorkommen von Schwefel was ihn zu einem kostengünstigen Werkstoff macht. Die atoxische Eigenschaft von Schwefel ist ein weitere Vorteile des Lithium-Schwefel Systems. Bei der Verwendung von Li_2S als Kathodenmaterial kann theoretisch gänzlich auf metallisches Lithium verzichtet werden, wodurch die Sicherheit des Systems gesteigert wird. Aktuelle Lithium-Schwefel Systeme besitzen bereits höhere Energiedichten als Lithium-Ionen Batterien. Dennoch sind Verbesserungen nötig, um die noch geringe Zyklenstabilität zu erhöhen und damit ein breiteres Einsatzgebiet für Li-S Batterien zu ermöglichen.

In dieser Arbeit wurden Li_2S Kathoden hergestellt und dabei die Einflussparameter auf die Entladekapazität untersucht. Es wurden unterschiedliche Herstellungsverfahren mit verschiedenen Geräten zur Pastenelektrodenherstellung eingesetzt und die Auswirkungen auf die Kapazität untersucht. Zusätzlich wurden lösungsmittelfreie Elektroden mit einer Presse hergestellt und charakterisiert. Bei den Materialien wurden verschiedenen Elektrodenbinder, Kohlenstoffe und Kohlenstoffadditive, sowie Elektrolytadditive eingesetzt und deren Auswirkung auf die Aktivmassenausnutzung analysiert. Die Elektroden wurden in Messzellen gegen eine Lithium Anode verbaut und elektrochemisch analysiert.

Das Ziel der Arbeit war es, die verschiedene Einflussparameter auf die Kapazität von Li_2S Zellen zu definieren. Es sollten dabei nicht nur hohe theoretische Kapazitäten erreicht werden, sondern auch möglichst hohe Kapazitäten mit praxisrelevanten Elektroden Eigenschaften erzielt werden. Die Elektroden sollten eine hohe Li_2S Beladung und einen hohen Li_2S Massenanteil besitzen.

Abstract

The demand for safe, cost-efficient and increasingly powerful energy storage systems, to serve e.g. the electromobility and the portable consumer electronics, is growing steadily. To meet each of these field requirements, new solutions for up-to-date energy storage have to be found.

Considering the high theoretical energy density of up to 500 Wh kg^{-1} (which is almost twice as much as the modern Lithium-Ion battery) and the cheap materials, the Lithium-Sulfur battery is a preferential alternative. The high abundance and the non-toxic property of sulfur are two advantages, among others, of the Li-S System. If Li_2S is used as the cathode material, it is theoretically possible to exclude metallic Lithium. Doing so leads to an increase of the battery safety. The up-to-date Li-S Systems already delivers higher energy densities than Li-Ion batteries. But the main drawback is the cycle stability, which is still poor compared to Li-Ion batteries and needs further improvement. Higher cycle stability should allow a wider scope of application.

In this work, Li_2S cathodes were produced and the factors influencing its capacity were analyzed. Different creation technics with several tools were used to produce slurry electrodes. The influences on the capacity of the different creation technics and tools were studied. Additionally, some electrodes, which contained no solvent, were produced with a press and analyzed. Different electrode binders, carbons, carbon additives and electrolyte additives were investigated to learn about their influence on the active material utilization. All electrodes were assembled within a measuring cell against a Lithium anode and electrochemically examined.

The aim of this work was to define capacity influencing factors. High theoretical capacities were not the main goal. The focus was on achieving high capacities with factors, which are relevant for the practical use. The electrodes should have a high load of Li_2S and high amount of Li_2S in the electrode.